

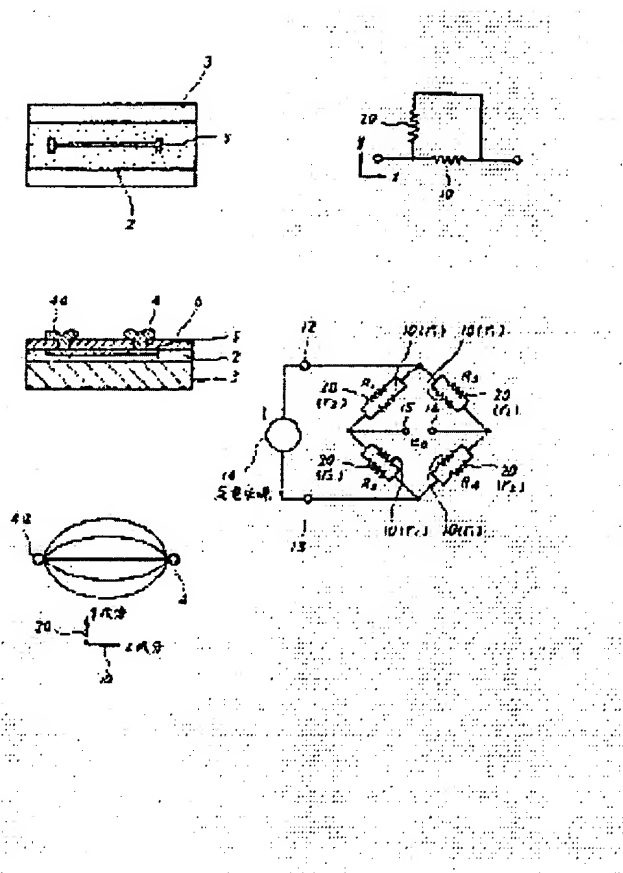
SEMICONDUCTOR PRESSURE SENSOR AND PRESSURE MEASURING DEVICE

Patent number: JP62160772
Publication date: 1987-07-16
Inventor: NOMIYAMA MAYUMI
Applicant: YOKOGAWA ELECTRIC CORP
Classification:
 - international: H01L29/84; G01L9/04
 - european:
Application number: JP19860003053 19860110
Priority number(s):

Abstract of JP62160772

PURPOSE: To obtain a voltage proportional to the change in pressure, by providing another diffused layer in one diffused layer, which has specified concentration and area, on a diaphragm formed with a silicon semiconductor, forming a synthesized resistor body, reducing the change in pressure sensitivity dependent on the change in temperature, and constituting a bridge circuit using four pieces of the semiconductor pressure sensors.

CONSTITUTION: A first impurity layer 2 is formed on a silicon semiconductor 3 by epitaxial growing and the like. A second impurity layer 5 is formed in the first diffused layer by the similar means. Terminals 4 and 4a are formed thereon with a specified interval being provided. An SiO₂ layer 6 is provided on the first and second impurity layers in order to insulate both terminals. The first diffused layer 2 and the second diffused layer 5 are considered to be an assembled body of two kinds of resistors in the longitudinal and lateral directions. A pressure measuring device using these parts includes a Whetstone bridge circuit in order to pickup detected signal as enlarged and accurately as possible. A constant voltage source 14 is connected between input terminals 12 and 13. An output voltage is picked from between output terminals 15 and 16. Thus the temperature dependency of pressure sensitivity can be reduced.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

⑫ 公開特許公報(A)

昭62-160772

⑮ Int. Cl.⁴

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 昭和62年(1987)7月16日

H 01 L 29/84
G 01 L 9/04

1 0 1

A-6819-5F
7507-2F

審査請求 未請求 発明の数 2 (全8頁)

⑭ 発明の名称 半導体圧力センサ及び圧力測定装置

⑯ 特 願 昭61-3053

⑰ 出 願 昭61(1986)1月10日

⑱ 発 明 者 野 見 山 真 弓 武蔵野市中町2丁目9番32号 横河北辰電機株式会社内
⑲ 出 願 人 横 河 電 機 株 式 会 社 武蔵野市中町2丁目9番32号
⑳ 代 理 人 弁 理 士 小 沢 信 助

明 細 書

1. 発明の名称

半導体圧力センサ及び圧力測定装置

2. 特許請求の範囲

- (1) シリコン半導体で形成したダイアフラムの上に所定の濃度と面積を有する第1の不純物層を形成し、前記第1の不純物層中に第2の不純物層を形成し、前記第2の不純物層の適当な箇所を結んで抵抗体を形成し、前記抵抗体の形状、前記ダイアフラム上での抵抗体の配置、抵抗体の形成方向とダイアフラムの結晶軸との方向の関係をを用いて、前記抵抗体における圧力感度の温度変化分が小さくなるように構成した半導体圧力センサ。
- (2) シリコン半導体で形成したダイアフラムの上に所定の濃度と面積を有する第1の不純物層を形成し、前記第1の不純物層中に第2の不純物層を形成し、前記第2の不純物層の適当な箇所を結んで抵抗体を形成した半導体圧力センサを4つ用いてブリッジ回路を構成し、このブリッジ回路の入力端子間に定電圧源から電圧を加えて、ブリッジ

回路の出力端子間から圧力の変化に比例した電圧を得るようにした圧力測定装置。

3. 発明の詳細な説明

イ. 「発明の目的」

(産業上の利用分野)

本発明は、半導体圧力センサの温度特性の改善及びこの半導体圧力センサを用いた圧力測定装置に関するものである。

(従来の技術)

圧力を電気信号に変換する手段として、半導体を用いたセンサが近年注目されるようになった。圧力センサとして要求される条件である低価格性、高信頼性、小型化等を満たす点で、シリコン半導体を利用したものが、特に有望と見られている。半導体圧力センサは、ピエゾ抵抗効果を利用したものが一般的である。このピエゾ抵抗効果を利用したセンサは、外力による歪みで半導体の結晶内に応力変化が生じ、これに起因して電子エネルギー準位が変化する。その結果、抵抗値が変わるのである。従って、この抵抗値の変化を計測すること

で、加えられた圧力を測定しようとするものである。

(発明が解決しようとする問題点)

しかし、半導体圧力センサは温度依存性が強い
ため、圧力を精度良く測定するためには、温度補
償回路が必要とされる。温度の影響には2つの形
がある。一つは出力電圧の温度変動であり、他方
は、最小圧力に対する出力電圧の温度変動である。
一般に前者はスパン変動、後者はオフセット変動
と呼ばれる。

従来の半導体圧力センサでは、この2つの温度
変動を補償するための回路を設けざるをえないが、
そのため回路が複雑となり、価格の上昇と信頼性
の点で問題があった。

この点を解決するため、特公昭57-2643
0号「シリコンストレングージ」の発明(以下先
願1と記す)や本出願人が出願した特願昭60-
138591号「半導体圧力センサおよび圧力測
定装置」の出願(以下、先願2と記す)がある。

本発明は、これらの先願に係る手段とは別の手

段を用いて、上記従来の技術が有していた問題点
を解決するものである。

ロ、「発明の構成」

(問題点を解決するための手段)

本発明は、上記問題点を解決するためにシリコ
ン半導体で形成したダイアフラムの上に所定の濃
度と面積を有する第1の不純物層を形成し、前記
第1の不純物層中に第2の不純物層を形成し、前
記第2の不純物層の適当な箇所を結んで抵抗体を
形成し、前記抵抗体の形状、前記ダイアフラム上
での抵抗体の配置、抵抗体の形成方向とダイアフ
ラムの結晶軸との方向の関係をj用いて、前記抵抗
体における圧力感度の温度変化分が小さくなるよ
うに構成し、また、この半導体圧力センサを4つ
用いてブリッジ回路を構成し、このブリッジ回路
の入力端子間に定電圧源から電流を加えて、ブリ
ッジ回路の出力端子間から圧力の変化に比例した
電圧を得るようにしたものである。

なお、本発明が先願1に係る技術と異なる点は、
先願1の技術は抵抗体の不純物濃度をある特定の

値に限定することが必要であるが、本発明は、こ
の不純物濃度をある特定の値に限定せずとも上記
の従来例が持っていた問題点を解決することが出
来る点で異なっている。

また、本発明が先願2に係る技術と異なる点
は、先願2の技術は2本の抵抗体が独立に形成さ
れていたのに対し、本発明は1つの拡散層中にも
う1つの拡散層を設け、合成抵抗体としている点
である。

(実施例)

以下、図面を用いて本発明を詳しく説明する。

第1図は本発明に係る半導体圧力センサの一構
成例を示した平面図(イ)と断面図(ロ)、第2
図は第1図の半導体圧力センサに示した端子間の
抵抗に対する電流のパスの分布を模式的に示した
図、第3図は第2図に示す抵抗分布を等価回路で
示す図、第4図は半導体圧力センサを4つ用いて
ブリッジ回路を構成した場合の本発明に係る圧力
測定装置を示した図、第5図は第1図に示した半
導体圧力センサに圧力が加わって歪みが生じてい

る様子を示した図、第6図はダイアフラムの薄肉
部の上に配置された半導体圧力センサを示す断面
図(イ)と平面図(ロ)、第7図は他の実施例を
示す平面図、第8図は表面濃度とピエゾ係数との
関係を示した図、第9図はn型シリコンの温度と
ピエゾ係数の成分 π_{11} との関係を示した図、第
10図はp型シリコンの温度とピエゾ係数の成分
 π_{44} との関係を示した図、第11図はn型シリ
コン・ピエゾ係数の成分 π_{11} の温度係数と電子
濃度との関係を示す図であり、これは第9図のグ
ラフの勾配より求めたものである。第12図はp
型シリコン・ピエゾ係数の成分 π_{44} の温度係数
とホール濃度との関係を示す図、第13図はn型
シリコンの抵抗温度係数と比抵抗との関係を示す
図、第14図はp型シリコンの抵抗温度係数と比
抵抗との関係を示す図である。なお、第13図と
第14図の出典はsolid state el
ectron, 11 pp 639~ 646, feb
(1968)である。第15図は第9図又は第10図
から求めたピエゾ係数の成分 π_{11} 、 π_{44} と表

面電子濃度又は表面ホール濃度との関係を示す図、第16図は第13図又は第14図において異なる濃度でありながら同じ抵抗温度係数を示す2つの電子濃度又はホール濃度が存在することを示す図、

第17図はダイアフラム上に抵抗体2、5を配置した時ピエゾ係数の符号が異なることを示す図であり、(c)、(d)は結晶軸と抵抗体方位との関係を示す図である。

なお、第8～第10図はJ. of apply. phys. 34, no. 2 pp313～318, feb. 1963から抜粋したものである。

第1図(イ)、(ロ)において、3はシリコン半導体であり、2はシリコン半導体3の上に熱拡散、イオン注入、エピタキシャル成長等の手段により形成した第1の不純物層、5は第1の拡散層の中に第1の不純物層2と同様の手段により形成した第2の不純物層、4、4aは第2の不純物層5の上に所定の間隔を隔てて形成された端子、6は第1、第2の不純物層の上に形成され端子間を絶縁するためのSiO₂層である。

である。そして、ブリッジ回路として機能するように対辺同士(R₁とR₄、R₂とR₃)が印加圧力に対応して同方向に抵抗変化し、隣接同士が逆方向に抵抗変化するように構成する。

入力端子12、13間には定電圧源14が接続されており、出力端子15、16間からは出力電圧e_oが取出される。

第4図に示したフルブリッジ回路による圧力測定装置の動作を説明するために、基本構成である第3図を用いて動作の説明をする。

抵抗体10、20は、ともに単結晶ダイアフラムに歪みが加わった際に、歪抵抗体として動作する位置に配置してあるものとする。例えば、第5図のように、歪みのない状態Bから歪みが加わった状態Cに変化した時、抵抗体に応力が加わるような配置になっている。

一般に、歪抵抗体の感度は、ピエゾ係数π(cm²/dyn)で表現され、定義は(1)式である。

$$\Delta \rho / \rho = \pi \cdot \sigma \quad (1)$$

ここで、ρ：比抵抗(Ωcm)

このような構成においては、第1の拡散層2と、第2の拡散層5をみたとき縦方向、横方向の2種類の抵抗体の組合わせと考えることが出来る。この場合、出力端子4、4a間の電流のパスは第2図に示すようにX成分の抵抗体10と、Y成分の抵抗体20に分割して考えることができ、第3図に示すような等価回路に置きかえることができる。

半導体圧力センサで得られる抵抗の変化(検出信号)は僅かなものである。このため圧力測定装置においては、この検出信号をできるだけ大きく精度良く取出すため、通常は、第4図のように、ホイートストン・ブリッジ(以下単にブリッジと記す)回路を組んでいる。

第1図(イ)、(ロ)では、1つの抵抗体のみ示しているが、ブリッジ回路を組むときは4ペアの抵抗体が形成される。第3図で示す等価回路の抵抗体10の抵抗値をr₁、抵抗体20の抵抗値をr₂、各ブリッジ辺の並列抵抗をR₁～R₄とすると、

$$1 / (r_1 + r_2) = R_n$$

Δρ：比抵抗変化(Ωcm)

σ：抵抗体に加わった応力(dyn/cm²)

これを抵抗体の抵抗値rで表現すると、抵抗体の形状変化の項が加わるが、半導体の場合、πの値が大きいので(2)式としてよい。

$$\Delta r / r = (1 + 2\nu) \varepsilon + \pi \cdot \sigma \approx \pi \cdot \sigma \quad (2)$$

ここで、ν：ポアソン比

ε：歪量

このピエゾ係数πの温度係数を(3)式のように定式化する。

$$\pi = \pi_0 (1 + \beta T) \quad (3)$$

ここで、β：ピエゾ係数の温度係数(deg⁻¹)

π₀：基準温度T₀でのピエゾ係数

T：T₀から測定した温度

また、抵抗体の抵抗値自体の温度係数を(4)式のように置く。

$$r = r_0 (1 + \alpha T) \quad (4)$$

ここで、α：抵抗の温度係数(deg⁻¹)

r₀：基準温度T₀での抵抗値

抵抗体に応力が加わって、かつ温度が変わった場合の抵抗値の変化は(2)、(3)式から次式のようになる。

$$\Delta R/R = \pi \cdot \sigma = \pi_0 \cdot (1 + \beta T) \cdot \sigma \quad (5)$$

また、第4図のように第3図に示す抵抗を4つ用いて、ブリッジ回路を構成し、端子12,13に定電圧源14を接続した時、出力端子15,16に現れる電圧 e_0 は(6)式で示される。

$$e_0 = \frac{\Delta R}{R} \cdot E \quad (6)$$

E : 定電圧源14の電圧 E

従って、温度による出力電圧 e_0 の変化、即ち、圧力センサ(圧力測定装置)としての温度依存性を問題にするときは、 $\frac{\Delta R}{R}$ を考えれば良い。

$$\begin{aligned} \text{抵抗体10と抵抗体20の並列接続の場合、抵抗変化は、} \\ \frac{\Delta R}{R} = \frac{R_1^2 \cdot \Delta R_2 + \Delta R_1 \cdot R_2^2}{(R_1 + R_2)^2} \cdot \frac{R_1 + R_2}{R_1 \cdot R_2} \\ = \frac{\Delta R_1}{R_1} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} + \frac{\Delta R_2}{R_2} \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2} \\ = \frac{\pi_1 \cdot \sigma_1}{1 + \frac{R_1}{R_2}} + \frac{\pi_2 \cdot \sigma_2}{1 + \frac{R_2}{R_1}} \quad (7) \end{aligned}$$

π_1 : 抵抗体10のピエゾ係数

π_2 : 抵抗体20のピエゾ係数

第16図で(1)図に対応する不純物濃度を抵抗体の不純物濃度として選択しておく、

$$\alpha_1 = \alpha_2 \quad (9)$$

となる。(8)式は、 $m = \frac{R_{20}}{R_{10}}$ とすると、(10)式となる。

$$\begin{aligned} \frac{\Delta R}{R} &= \frac{\pi_{10}(1+\beta_1 T)\sigma_1}{1+m} + \frac{\pi_{20}(1+\beta_2 T)\sigma_2}{1+\frac{1}{m}} \\ &= \frac{1}{1+m} \cdot (\pi_{10}(1+\beta_1 T)\sigma_1 + m\pi_{20}(1+\beta_2 T)\sigma_2) \\ &= \frac{1}{1+m} \cdot ((\pi_{10}\sigma_1 + m\pi_{20}\sigma_2) \\ &\quad + (\pi_{10}\sigma_1 \cdot \beta_1 + m\pi_{20}\sigma_2 \cdot \beta_2)T) \quad \dots (10) \end{aligned}$$

ここで(10)式の第1項をA、第2項をBとすると、

$$A = \pi_{10} \cdot \sigma_1 + m\pi_{20} \cdot \sigma_2 \neq 0 \quad (11)$$

$$B = \pi_{10} \cdot \sigma_1 \cdot \beta_1 + m\pi_{20} \cdot \sigma_2 \cdot \beta_2 = 0 \quad (12)$$

となるように抵抗体1、2を構成するとすれば、

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{1}{1+m} \cdot (\pi_{10} \cdot \sigma_1 + m\pi_{20} \cdot \sigma_2)$$

となり、応力により抵抗値は変化するが、温度では抵抗値が変化しない抵抗体素子を得ることがで

きる。

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{\pi_{10}(1+\beta_1 T)\sigma_1}{1+\frac{R_{10}}{R_{20}} \cdot \frac{1+\alpha_1 T}{1+\alpha_2 T}} + \frac{\pi_{20}(1+\beta_2 T)\sigma_2}{1+\frac{R_{20}}{R_{10}} \cdot \frac{1+\alpha_2 T}{1+\alpha_1 T}} \quad (8)$$

π_{10} , π_{20} ... 温度 T での抵抗体10のピエゾ係数及び抵抗値

π_{20} , π_{20} ... 温度 T での抵抗体20のピエゾ係数及び抵抗値

β_1 , α_1 ... 抵抗体10のピエゾ係数の温度係数と抵抗値の温度係数

β_2 , α_2 ... 抵抗体20のピエゾ係数の温度係数と抵抗値の温度係数

σ_1 , σ_2 ... 抵抗体に加わる応力

ここで α 及び β の値は、抵抗体がn型シリコンの場合は第11、第13図より、p型シリコンの場合は第12図、第14図より求めることができる。

第13図、14図において、 α は比抵抗が $10^{-2} \Omega \text{cm}$ の所で極小値をとるから、第16図のように、或る α の値に対応する比抵抗は2つ存在する。

きる。

次に、以上の抵抗体素子を用いて実際の圧力センサを構成する場合、上述したような関係になるように構成し、圧力感度における温度依存性を小さくすることができる旨を具体例を持って証明する。

例えば、第6図に示すようなダイアフラムに抵抗体を配置したとすると、ダイアフラムの結晶面や抵抗体の配置方向により、(10)式の π_{10} , π_{20} のピエゾ係数は変化する。例えば、第11、12図より(12)式を満たすためには、 $\beta_1 < 0$, $\beta_2 < 0$ であるから、

$$(\pi_{10} \cdot \sigma_1) + (m\pi_{20} \cdot \sigma_2) < 0 \quad (13)$$

でなければならない。これは、以下の手段により実現することができる。

(1) 抵抗体の配置方向(ダイアフラム上で接線方向と放射線方向) ... 即ち、ピエゾ係数 π_{10} , π_{20} の極性を正、負とする手段、

例えば、(1)の手段により本発明を実現する場合は、第17図のように(100)面のダイアフラ

ム上の(110)方向に2種の抵抗体を配置する。このとき x 成分、 y 成分の抵抗体のピエゾ係数の値は、第17図の(c)、(d)のように、 $\pi_{10} > 0$ 、 $\pi_{20} < 0$ となり、(13)式が満たされる。従って、(12)式の形から、 $B = 0$ となる条件が存在する。ここで、 $\pi_{10} \cdot \sigma_1 \cdot \beta_1 + m \pi_{20} \cdot \sigma_2 \cdot \beta_2 = 0$ を実際に達成する手段の一例を述べる。

予め、上式が満足されるように抵抗体の抵抗値、シリコン半導体ダイアフラム上での配置、抵抗体の形成方向とダイアフラムの結晶軸との方向の関係、不純物濃度の組合せ等を定めて製造する。

ここで、抵抗体をシリコン半導体ダイアフラムに形成した瞬間に、 π_{10} 、 π_{20} 、 σ_1 、 σ_2 、 β_1 、 β_2 の値は決定されてしまうものである。

従って、調整手段としては、抵抗比 m を調整することが行なわれる。この抵抗比 m の調整は経験的方法で行うことが出来る。例えば、抵抗体を複数個形成し、良い抵抗体を選択すること、又は、第1、第2の拡散層の形状や、その端子の取り方等で調整することが出来る。

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明に係る半導体圧力センサの一構成例を示した平面図(イ)と断面図(ロ)、第2図は第1図の半導体圧力センサに示した端子間の抵抗の抵抗分布を模式的に示した図、第3図は第2図に示す抵抗分布を等価回路で示す図、第4図は半導体圧力センサを4つ用いてブリッジ回路を構成した場合の本発明に係る圧力測定装置を示した図、第5図は第1図に示した半導体圧力センサに圧力が加わって歪みが生じている様子を示した図、第6図はダイアフラムの膜内部の上に配置された半導体圧力センサを示す断面図(イ)と平面図(ロ)、第7図は他の実施例を示す平面図、第8図は表面濃度とピエゾ係数との関係を示した図、

第9図は n 型シリコンの温度とピエゾ係数の成分 π_{11} との関係を示した図、第10図は p 型シリコンの温度とピエゾ係数の成分 π_{44} との関係を示した図、第11図は n 型シリコン・ピエゾ係数の成分 π_{11} の温度係数と電子濃度との関係を示す図、第12図は p 型シリコン・ピエゾ係

第7図は他の実施例を示すもので、この例においては拡散層2を比較的広い面積で形成し、この第2の拡散層に複数の端子40a~40eを設け、それらの端子のうち最適な抵抗体となる端子(例えば40aと40eを結ぶように構成したものである)。

以上の具体的説明は本発明を実施する場合の一例であり、これに限定するものではない。例えば、 n 型シリコンでも可能であり、また、結晶面や抵抗体の配置方向も種々の組合せが可能である。

また、以上では、(9)式において $\alpha_1 = \alpha_2$ と仮定したが、これが成立しなくても、圧力感度の温度依存性がないピエゾ抵抗素子を得ることができる。

ハ. 「本発明の効果」

以上述べたように、本発明によれば、次の効果が得られる。

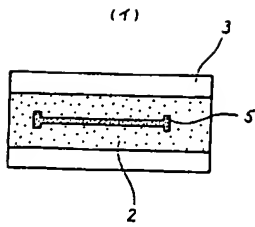
① 歪み感度を有するとともに、歪み感度の温度依存性が小さい半導体圧力センサを比較的簡単に実現できる。

② 応力と抵抗値変化の非直線性が改善できる。

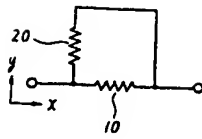
の成分 π_{44} の温度係数とホール濃度との関係を示す図、第13図は n 型シリコンの抵抗温度係数と比抵抗との関係を示す図、第14図は p 型シリコンの抵抗温度係数と比抵抗との関係を示す図、第15図は第7図又は第8図から求めたピエゾ係数の成分 π_{11} 、 π_{44} と表面電子濃度又は表面ホール濃度との関係を示す図、第16図は第13図又は第14図において異なる濃度でありながら同じ抵抗温度係数を示す2つの電子濃度又はホール濃度が存在することを示す図、第17図(a)、(b)はダイアフラム上に抵抗体を配置した時その抵抗の半径方向成分、垂直成分のピエゾ係数の符号が異なることを示す図であり、(c)、(d)は結晶軸と抵抗体方位との関係を示す図である。

10…抵抗体、3…シリコン単結晶、14…定電圧源。

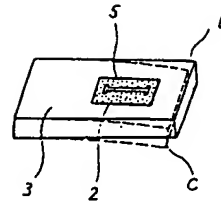
第 1 図



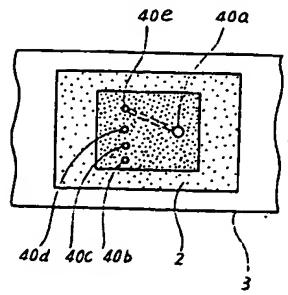
第 3 図



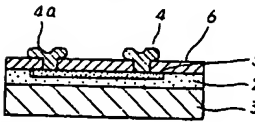
第 5 図



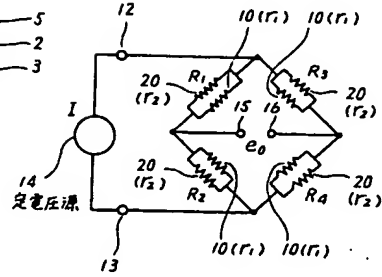
第 7 図



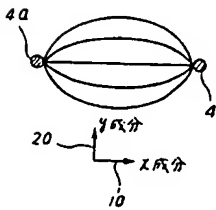
(口)



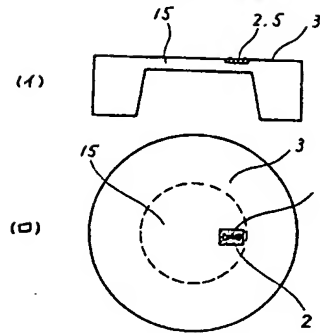
第 4 図



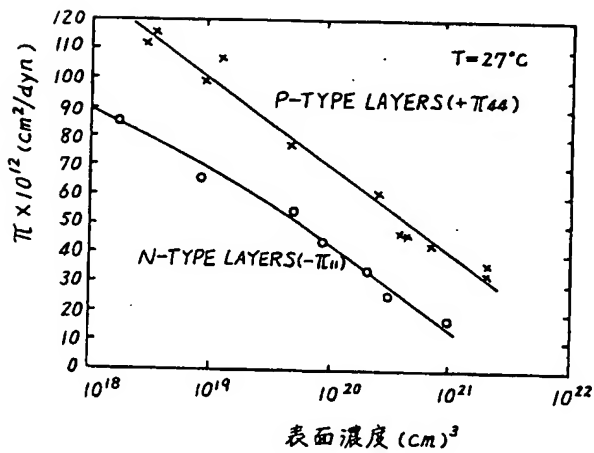
第 2 図



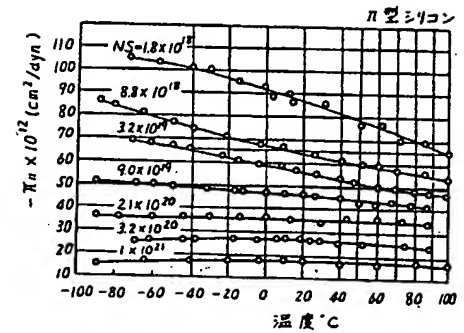
第 6 図



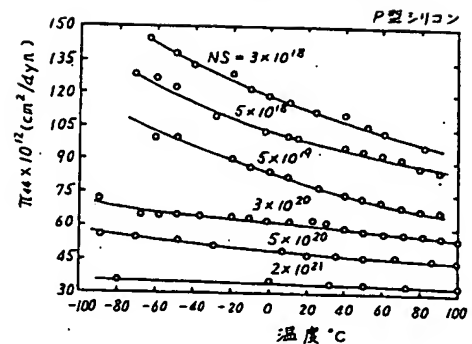
第 8 図

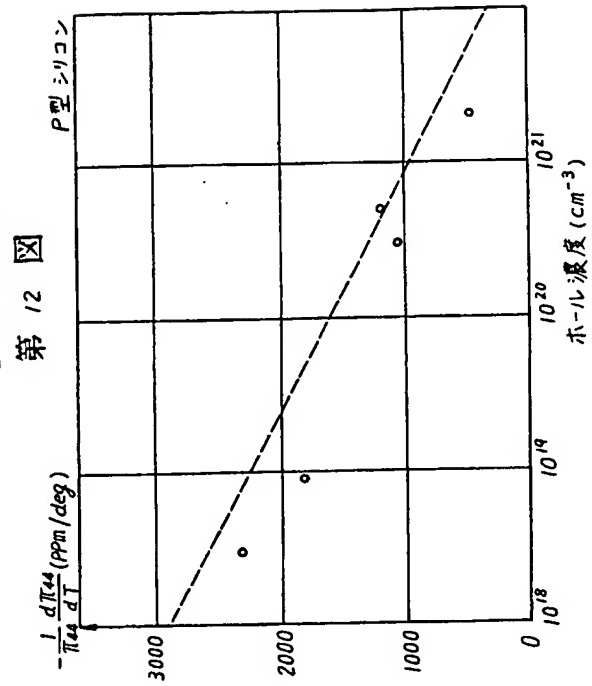
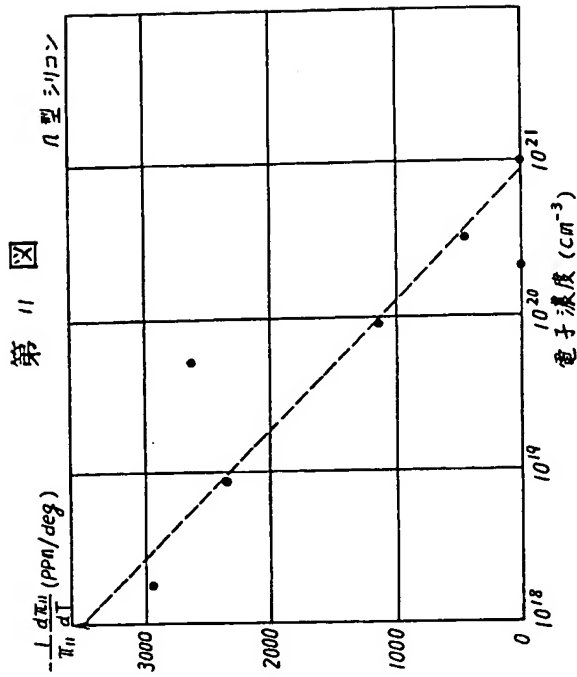


第 9 図

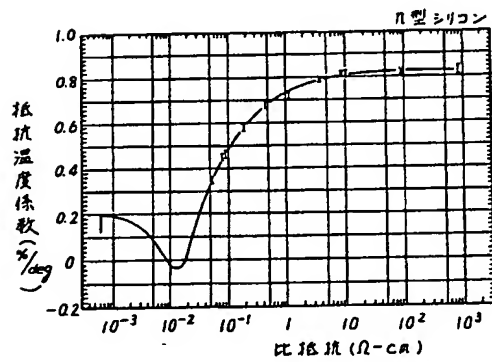


第 10 図

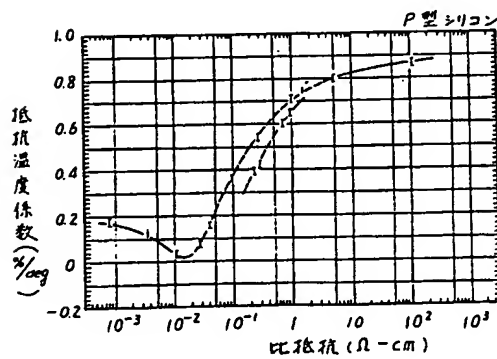




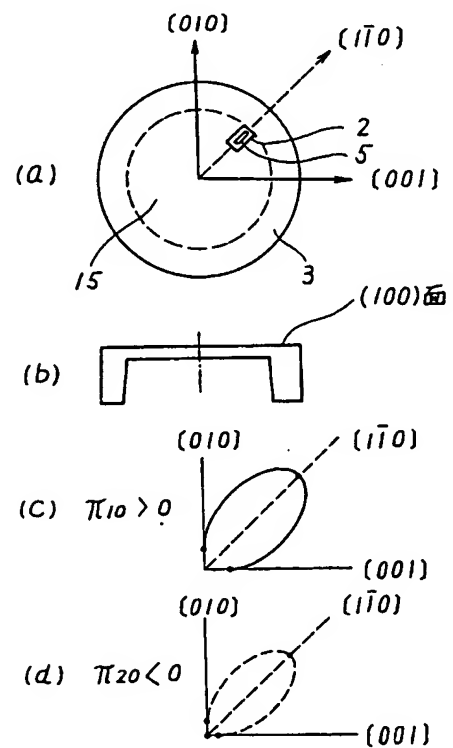
第 13 図



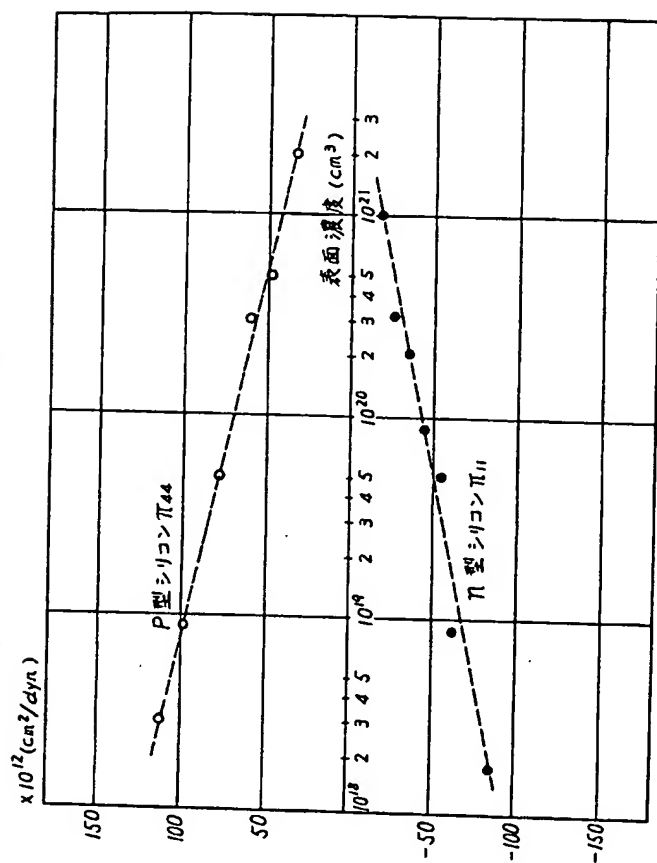
第 14 図



第 17 図



第 15 図



第 16 図

